植保會刊17：81—98(1975)
民國63年12月6日中央研究院生物研究中心
臺灣植物保護中心及中華植物保護學會合辦
「生物與非生物因子在害蟲防治上之應用」研討會講稿

作物抗蟲現象及其在害蟲防除上之利用價值

The Resistance of Crop to Insects and Its Role in Insect Control

鄭　清　煥[1]

C. H. Cheng

一、緒言
二、抗蟲的現象
三、抗生作用
四、非偏好
五、容忍
六、抗蟲遺傳
七、生物小種
八、抗蟲品種在害蟲防治上之利用
九、結語
十、參考文獻

摘要：作物品種是否適於害蟲生存爲害對於害蟲棲群密度具有調節作用，其適合於害蟲生存、增殖及爲害者稱爲感受性，反之則稱爲抵抗性。這兩種性狀均受植物本身的遺傳質所支配，吾人可藉植物遺傳因子之重組，使作物品種不適於害蟲生存爲害而達經濟治蟲的目的。

作物的抗蟲性狀概略地包括迴避、抵抗及免疫等三項，其中又以抵抗一項爲吾人從事作物抗蟲所最常用者。作物抗蟲的機構一般可表現於抗生、無偏好及容忍等現象，前兩種作用均可減低害蟲棲群密度，被認爲較有治蟲效果。田間栽植容忍品種並不減低害蟲棲群密度，反而加重對其他容忍性較差之寄主植物的爲害壓力，因此通常較少受到注意。

作物的抗蟲現象可能受單因子、數量因子、多因子或額外核因子等所支配。一般以爲抗蟲性受單因子所控制者較易爲害蟲所適應而產生生理小種，使抗蟲品種的栽培效果消失。因此建議尋求抗蟲遺傳質必須要廣汎，才能找到多種不同的抗蟲因子，應用於育成抗蟲基礎較廣而穩定的抗蟲品種。栽培抗蟲品種可當作害蟲主要的防治方法，如抗麥癭蠅或葉蜂之小麥品種，抗蚜蟲之苜蓿或高粱品種以及抗褐飛蝨之水稻品種等均可發揮高度的治蟲效果。此外抗蟲品種亦可與生物或藥劑防治互補並用以發揮綜合防治的效果；如栽培的是抵抗傳播毒素病的媒介昆蟲，則因害蟲密度低的關係可使罹病率獲得減少。另一方面栽植抗蟲品種不加任何費用於農民世無毒性或污染環境的缺點，並且因天敵獲得保存可使其他害蟲發生趨於較低的穩定現象。

緒　言

影響害蟲棲群密度因素可概分爲物理因子——如氣象、土壤、地形等；及生物因子——食物、天

(1)嘉義農業試驗分所植物保護系主任

敵等等。在食物方面，則以其品質及數量對害蟲棲群的關係最為密切。

作物的品質是否適合於害蟲的取食為害，主要受植物本身的遺傳質所支配。因此作物的遺傳質乃間接地成為調節害蟲棲群消長的重要因子。以往吾人僅知利用作物遺傳質的改變可使作物的產量及品質繼續獲得改良，但却很少人注意到藉作物遺傳因子的重新組合，改變寄主植物的化學成份或形態，使之不適合於害蟲取食為害，亦可達到調節害蟲棲群密度的目的。利用食物來調節害蟲發生的方法，尤其對取食性較專一或寄主範圍較狹小的害蟲，更可產生深遠的影響。這種因為植物可遺傳質的作用而使作物免遭受害蟲嚴重為害的現象稱之為抵抗性 (Resistance)；其適合於害蟲生存、增殖及為害者則稱為感受性 (Susceptibility)。

植物品種間對害蟲具有不同程度的抵抗現象，早在一百多年前即有記載，其中最傑出的例子莫過於十九世紀中葉，法國引入高度抗蟲的美國葡萄品種來抵禦當地葡萄根瘤蚜 (*Phylloxera vitifoliae* Fitch) 的問題，這種治蟲的方法仍為目前對此害蟲防治最有效的途徑。此外於1831年發現之一種抵抗棉蚜蟲 (*Eriosoma lanigerum*) 的蘋果品種 winter majetin 據報告至今仍未失去其抗蟲現象[55·56]。然而實上，抗蟲品種在害蟲防治上之應用在 1940 年前，除某些害蟲如麥癭蠅 (Hessian fly, *Mayetiola destructor* (Say)) 小麥葉蜂 (wheat stem sawfly, *Cephus cinctus* Norton) 以及上述之葡萄根瘤蚜等，難以用其他方法防治，不得不利用作物抗蟲原理來治蟲外，很少受到注意。此乃因抗蟲作物，一般農藝性狀較差，而育成豐產之抗蟲品種又須要昆蟲、育種、遺傳、病理以及生物化學等專家密切合作，歷經數年工夫才能實現。這顯然沒有像應用殺蟲藥劑防治害蟲來得簡便。然而近年來由於使用藥劑的缺點逐漸曝露，利用抗蟲品種制蟲的方法始逐漸引起人們的興趣[55-63]。在美國於 1971年即有兩百餘個作物抗蟲研究計劃獲得政府支持[92]，目前各種主要作物對其重要害蟲幾乎均發現有抗蟲品種的存在，而其已推廣栽培的種類已超過 100 種，栽培抗蟲品種的面積則高達兩千萬公頃以上[25]。

在本省作物抗蟲研究目前尚在萌芽階段。檢討過去害蟲防治的得失，以及社會變遷的需要，育成抗蟲品種將和育成抗病品種一樣的成為今後保護作物品質及產量的主要方法之一。茲將作物抗蟲的現象以及其在害蟲防治上之利用價值提出來和各位共同討論，期對此方面的研究有所俾益。

抗蟲的現象

作物抗蟲現象一般可包括迴避 (Avoidance)，抵抗 (Resistance) 及免疫 (Immunity) 等三項。但事實上前項祗是由於作物的生長與害蟲的發生期失去調和所致，並非作物眞正的抵抗；而免疫現象在自然界雖有之，但很少存在。因此一般從事作物抗蟲性研究，多偏重於「抵抗」一種。這種「抵抗」的抗蟲機構 (Resistant mechanisms) 可表現於抗生作用 (Antibiosis)，無偏好 (Non-preference) 及容忍 (Tolerance) 等現象[56]。這等抗蟲現象可能各自分開或同時並存於同一抗蟲品種；它們可能是受一對遺傳因子所支配，亦可能是屬於累效性數量因子遺傳 (Polygenic inheritance with additive effects)，隨作物抵抗不同害蟲種類而異，一般而言，作物具有抗生作用的抗蟲機構，被認為是最有效果的一種抗蟲現象，但亦有人認為無偏好抗蟲現象與抗生作用同樣能減低害蟲為害的棲群密度，但對於防治媒介昆蟲的傳播毒素病則無偏好甚或比抗生作用更為重要[25·61·63]。田間栽植容忍品種並不能減低害蟲棲群密度，相反地，可能將使其密度相對增高。這種密度對具容忍性植物本身也許可免遭為害，但却增加了對其他無容忍性的寄主植物之為害壓力。茲將有關上述三種抗蟲現象就已有的資料提出進一步的討論如下：

抗生作用（Antibiosis）

「抗生作用」乃寄主植物含有對害蟲之生存、發育及繁殖具有阻礙因子者。它對害蟲的作用可表現於(1)高度的死亡率，(2)生活史不正常——幼蟲期延長，成蟲壽命減短，產卵量及繁殖力低降及(3)蟲體變小，體重減輕等徵象。作物抗蟲現象爲抗生作用時，其最大優點是可顯著地降低害蟲棲群密度，使作物免遭受嚴重的爲害。但其最大缺點則爲較容易產生害蟲的「生物小種」（Biotypes, Races, Strains）而使原抗蟲品種失去栽培的經濟效益。從過去作物抗蟲現象的考察，一般認爲，抗蟲性受單因子支配者較受多因子控制者易於被害蟲適應而產生新生物小種[25-63]。

作物對害蟲的抗生作用所表現象的例子很多，因作用機構不同，又可分爲生物物理因素（Biophysical factors）及生物化學因素（Biochemical factors）兩大類。前者是因植物組織、結構或其對蟲害的敏感性等的作用而不適於害蟲生存爲害。屬於這類型者，如抵抗小麥葉蜂的小麥品種 Rescue 等，其抵抗的主要原因與麥桿是否堅實具有密切關係。蟲卵產於麥桿堅實的品種，較麥桿中空者易遭受到機械及乾燥的傷害，致使大部份的卵無法孵化；其孵化之幼蟲則因取食行動受限制而提高死亡率[32]。這品種的基髓含有毒物質亦可能爲抗蟲原因之一[11]。

抵抗瓜蔓螟蟲（Squash vine borer, *Melittia curcurbitae* (Horris)）之南瓜品種是因其瓜蔓維管束的排列緊密與瓜蔓高度木質化使害蟲難以侵入所致[33]；同樣情形，稻的葉鞘緊抱稻桿，稻桿的維管束排列緊密，含有大量的厚壁細胞層及矽細胞者對二化螟蟲呈抵抗性[61]。

另一類型生物物理因素的抗蟲例子，如一種叫 Snap dragon（*Antirrhinum mazus* L.）瓜的嫩葉，遭受瓜潛葉蟲（*Liriomyza pictella* (Thomson)）爲害，被害部位很快地長出新組織，而將害蟲壓擠死亡[11]。與此相反的現象則發現於一種茄科植物（*Solanum melongena esculentum* Nees），當其葉片遭受潛葉蟲爲害，則環繞受害部位迅速壞死、枯乾、使潛入之害蟲因之無法生存[53]。

生物化學因素的抗生現象是由於寄主植物含有化學成份所致。它可能是量或質的不同，亦或存於植物體的某一部份或某一個時期。測定此種抗蟲因素是一件很繁雜的工作。目前對許多害蟲的營養及取食行爲尚缺乏資料，故對於分析出來的物質很難確定爲抗蟲之主要化學物質。因此雖然有許多作物的抗蟲現象認爲主要是由於抗生作用所致，如抵抗黑尾葉蟬（Green rice leafhopper, *Nephotettix virescens* (Distant)）的水稻品種 IR 8，並無機械障礙足以阻止黑尾葉蟬從維管束取食，但却致使取食稻汁的昆蟲大量死亡[17]。其抗蟲原因推論與水稻含有對該害蟲有毒物質，或缺乏供給取食昆蟲營養物質有關。另外抵抗菸草薊馬（Tobacco thrip, *Frankliniella fusca* (Hinds)）的花生品種 PI 280688 之抗蟲原因亦因該品種能致使爲害的薊馬大量死亡，因此其抗蟲機構類歸爲抗生作用[39]；Davis, et al.[20] 報告西南玉米螟（South western corn borer, *Diatraea grandiosella* Dyar）在玉米抗蟲品系 MP 68：576 等取食，則無論蟲數、體重及體形均較於感蟲品種 Mo 12上取食者爲小，亦顯示抗蟲原因與寄主所含有的化學成份有關。但諸如此類的研究均未能分析出抗蟲化學物質，其眞正抗蟲因素有待進一步研究。

Back[11] 對生物化學之抗生作用又區分爲兩個項目：(a) 寄主植物含有對害蟲之生理阻礙物質（Physiological inhabitors)，此種物質對害蟲可能具有毒性或阻礙其生長，(b) 寄主植物缺乏害蟲生長或繁殖所需之營養物質（Nutritional deficiencies)，或含有該項營養物質，但害蟲却無法利用者。

作物抗蟲原因，因寄主植物含有生理阻礙物質所引起者，其最佳例子爲 Beck, et al.[12]在玉蜀黍發現的兩種化學物質對粟螟（European corn borer, *Ostrinia nubilalis*）的幼蟲生長具有阻礙

。該物質爲能溶於乙醚之A因子（Resistant factor A）及不能溶於乙醚之B因子（Resistant factor B)。其後從A因子中又復分出C因子，A與C兩種因子分別鑑定爲 6-methoxybenzoxazolinone 及 2,4-dihydroxy-7-methoxy-1, 4-benzoxazine-3-One。B因子對抗蟲作用較不重要，其成份尙未鑑定。上述三種抗蟲物質的含量在玉蜀黍品種間及生長時期的差異很大，因此對粟螟的抵抗將隨玉蜀黍的植株在適當的生長時期及組織而有變異[11]。

有關昆蟲的營養需求，到目前並未完全了解，因此對於因缺乏昆蟲所需營養所形成之抗蟲的報告亦很少。Auclair[10] 報告抵抗豆蚜（Pea aphid, *Acyrthosiphon pisum* (Harris)）的主要原因是因抗蟲品種豌豆一般較感蟲品種缺乏氨基酸含量，以致蚜蟲因營養不足而無法在抗蟲品種生存及繁殖。

非偏好（Non-preference）

所謂非偏好是指寄主植物含有害蟲不喜歡前往產卵，取食或棲息之因子者。害蟲在其所不喜歡的寄主植物上的行爲特色是，不安於取食或產卵，並時有遷移他處之趨勢。因此在抗蟲品種上，害蟲棲群將始終保持很低。如置昆蟲於其強烈不喜歡之植物上，則有發育不良，死亡率增加之現象。具非偏好性的抗蟲植物，其本身可免遭高密度害蟲之爲害，但害蟲棲群可能移往其所偏好的作物上造成更大的爲害，是爲最大缺點。但這種抗蟲現象不大容易產生生物小種。

影響昆蟲對寄主偏好程度可能爲(1)機械性的刺激（Mechanical stimuli），如植物的顏色、表皮粗糙、刺毛或其他形態上之特殊性狀，組織形態及結構等對昆蟲產卵、棲息取食具有影響者。(2)生化性的刺激（Biochemical stimuli），如寄主植物含有的氨基酸類、丹寧、植物鹼及其他有機酸或油精等之含量對各種害蟲取食具有不同之刺激作用。

因機械刺激而影響害蟲對寄主偏好差異的例子不多，Ringlund, et al.[75] 報告小麥抵抗食葉甲蟲（cereal leaf beetle, *Oulema melanopus* L.）與葉片長有密長的絨毛有密切的關係。據觀察這種甲蟲的成蟲不喜歡在葉片上長有密毛的品種上產卵。此外如棉花對棉鈴象鼻蟲（Boll weevil, *Anthonomus grandis* Boheman)[94] 及棉花葉蟬（*Empoasca fascialis* (Jac.)）和苜蓿對馬鈴薯葉蟬（Poto leafhopper, *Empoasca fabae* Harris)[56] 等亦因抗蟲品種葉片絨毛之關係而影響害蟲爲害之偏好性。

水稻二化螟蟲（*Chilo suppressalis*）在不同稻種產卵差異非常顯著，其產於感蟲稻種的卵數約爲產在抗蟲稻種上的10—15倍。影響螟蟲在品種間產卵的因素很多，包括株高、劍葉寬度或長度及葉片的光滑度等。一度觀察稻葉上長密長絨毛之品種爲螟蛾較不喜歡產卵，但於絨毛剃去後並不影響螟蟲在該品種產卵的偏好程度，推測除葉片絨毛外可能尙有其他重要因素影響螟蛾產卵的偏好性[60,61,62,64,66]。

生化刺激爲影響昆蟲取食、產卵的另一重要因素，Tingey[91] 研究苜蓿種子小蜂（Alfalfa seed chalcid, *Bruchophagus roddi* (Gussakoysky)）的嗅覺與產卵的行爲，發現抵抗小蜂品種與豆莢是否含有一種未經鑑定的嗅覺引誘物質（Olfactory attractant）有密切關係。小蜂產卵少的品種恆較產卵多的品種受害輕微。和上述例子相同，抗蟲現象主要受產卵偏好性之影響的例子還發現於高粱對蛀心蠅（Shoot fly, *Atherigona varia* var. *soccata* Rondani）的抵抗性[85]。

抵抗褐飛蝨（Brown planthopper, *Nilaparvata lugens* Stal.）的水稻品種 Mudgo，其抗蟲原因並非機械性障礙。促使褐飛蝨不喜歡在 Mudgo 取食的原因，據分析是因該水稻品種含有氨基酸的一種 Asparagine 較一般品種爲少所致[84]。在另一試驗發現 Asparagine 對褐飛蝨取食具有促進作用，因此認爲缺少 Asparagine 爲限制褐飛蝨取食之主要原因之一[83,84]。此外在棉花植株

不同部位曾分離出對棉鈴象鼻蟲具有引誘、忌避、阻礙、產卵及取食刺激等項物質，而此等物質之含量均與品種對棉鈴象鼻蟲的抵抗性具有密切關係[37.38.49]。

容忍（Tolerance）

容忍為作物抗蟲的第三種現象、它是指寄主植物，因其生長力或再生能力、能容忍一般品種所無法忍受害蟲為害的能力，而使寄主植物遭受之損失達到最低程度。Beck[11]指出所謂「抵抗」應為作物與害蟲間相互作用結果的表現，而容忍係為作物本身特性的一種表現，對於害蟲的取食與生存並無阻礙作用，因此事實上並不能視為一種抗蟲機構。但不管如何，如未能發現有抗生作用或無偏好型抗蟲機構的抗蟲遺傳種質，容忍亦不失為可資利用的抗蟲特性。

利用容忍型抗蟲機構於害蟲防治例子迄至目前仍然很少，Coon[18]檢定大豆對日本甲蟲（Japanese beetle, *Popillia japonica*）抵抗性時，發現晚熟品種在遭受甲蟲為害後，尚能恢復生長，產量受影響較少，但早熟品種受害後則無恢復生長能力，因此產量受損至鉅。小麥品種間對麥癭蠅為害的容忍性差異亦很明顯，某些容忍性品種受害後，幼蟲的分泌物局限於少數細胞而不影響臨接分蘗株生長，因此發育正常；但在感蟲品種，其幼蟲分泌物質可影響受害株以外臨近分蘗株的發育，致使小麥生產受到損失[56]。玉米根蟲（Corn root worms, *Diabrotia spp.*）為害，其根部重生能力因品種間差異甚為顯著[56]。利用此項特性，目前在美國 South Dakota 已選出一種能容忍這種蟲為害的品種，介紹農民栽培[25]。

抗　蟲　遺　傳

研究作物抵抗害蟲之遺傳行為是為鑑定不同抗蟲種源（Diverse sources of resistance），育出同質遺傳因子系統（Isogenic lines）及基礎較廣的抗蟲個體（Broader-based resistant plants）所不可缺少的工作。而同質遺傳因子系統尤其可供作研究抗蟲機構或抗蟲原因之材料。然而這種抗蟲遺傳行為之研究工作到目前為止，仍然很少。許多作物的抗蟲遺傳行為雖未經深入研究，但仍然可育成實用的抗蟲品種推廣栽培。

研究抗蟲遺傳，通常是採用 F2 分離測定法及回交後裔（Backcross progenies）比率法來分析。如抗蟲個體同時包含有數種抗蟲或感蟲品種的因子時，亦可採用全互交分析法(Diallel crosses)來分析[25]。於分析的過程中，不論採用那一種方法均需直接將植株曝露昆蟲為害，不能單憑某一種植物的形態特性或化學成份為依據，以免分析結果偏差。至於對一種作物抗蟲遺傳資料的完整程度則與所篩選的種質（Germ plasm）是否完整有關。例如從某一地區搜集到的抗蟲品種其抗蟲因子可能來自同一親本，而其他類型之抗蟲因子可能存在於另一地區品種。茲將若干有關作物抗蟲遺傳的資料列如表一。

小麥抵抗麥癭蠅的遺傳行為可能為目前研究較深入的一個項目；在目前已有六對獨立的遺傳因子從不同抗蟲品種分析出來，並已用於育種材料。這六對因子中有五對是屬於顯性而一對屬於隱性。抗蟲品種 PI94587 的抗蟲性是同時受四對以上顯性獨立因子所支配[25.26.27]。

抵抗小麥莖蜂在前節已敍述與麥桿是否堅實有關，而此項特性係受到三個隱性因子（Recessive factors）及一對主要因子的影響[73]。Wallage[93]報告抗蟲親本麥桿堅實品種 Rescue 或 Foxtuna 與麥桿中空品種雜交其後代的麥桿之堅實程度在兩親本之間，推測其遺傳行為係為累加性遺傳，但如以另一麥桿堅實品種 PI94585-1 為親本時，其後代麥桿通常均較上述者之後代為堅實，推測此親本可能尚包含一顯性或附加因子所致。小麥葉片密長長毛與抗食葉甲蟲有關，而此項特性在 CI9294 及 CI11490 兩品種係受一對顯性因子所支配[93]。

表一、作物抗蟲遺傳行為一般例子

作物名稱	害蟲	抗蟲遺傳行為	資料來源
玉蜀黍	玉米螟	數量因子，累加性顯性	Guthrie 1969.
	玉米嚙根蟲	單因子，隱性	Sifuentis et al. 1964.
小麥	麥癭蠅	5對獨立顯性因子及1對隱性因子	Gallun, et. al. 1971.
	綠椿象	隱性單因子	Painter, et al. 1956.
	麥葉蜂	累加性遺傳	Wallace 1974.
	葉甲蟲	顯性單因子	Wallace 1974.
高粱	嚙心蠅	混和，累加性遺傳，一部份可能被遮蓋	Starks, et al 1969.
	綠椿象	不完全顯性單因子	Weibei 1972.
裸麥	綠椿象	顯性單因子	Livers, et al. 1969.
甜苜蓿	甜苜蓿蚜	顯性單因子	Mongeitz, et al] 1968.
醋栗	瘤蟎	顯性單因子	Knight, et al. 1974.
萵苣	根蚜	額外核因子	Dunn 1973.
水稻	螟蟲	數量因子，多因子	Athwal, et al. 1972.
	褐飛蝨	一對顯性因子或一對隱性因子	Athwal, et al. 1971.
	黑尾葉蟬	顯性單因子	Athwal, et al. 1971.
	稻癭蠅	三對互補顯性因子	Shastry, et al. 1972.

玉蜀黍抵抗第一世代粟螟（*Ostrinia nubilalis* Hübner）為害的遺傳 Patch 等[59]根據硬質玉蜀黍自交系及雜種應用人工為害的結果謂雜交種玉蜀黍之抗蟲性系受數目不明之多因子（Multiple factors）的累積效果所支配。另外 Penny, et al.[70·71]報告於 M14(S)×Ms1(R) 的雜交組合，抗蟲性係受三對因子所支配，其遺傳行為屬於部份外表型顯性；但在 B14(S)×N32(R) 組合，其抗蟲性受一至二對因子所控制，WF9(S)×G17V17(R) 的組合，則顯示抗蟲性係受一對顯性因子所左右。由A－B因子座轉移研究（Translocation studies）支配自交品系 CI31A 的抗蟲遺傳因子是位於第一，二及四染色體短臂（Short arms of chromosomes）和第四及六染色體長臂上（Long arms of chromosomes）[71]。抵抗第二世代粟螟的遺傳行為迄未獲知[25]。

水稻品種 Mudgo, CO 22 及 MTU 15 對褐飛蝨的抵抗遺傳係受一對相對的顯性因子所支配，另外品種 ASD 7 之抗蟲行為則受一對隱性因子所控制[8·9]。雜交上述兩類型品種，其後代無分離現象顯示兩種抗蟲因子可能是相對的（Allelic）或很緊密的連鎖著（Closely linked）[8]。抵抗黑尾葉蟬（*Nephotettix virescence*）的抗蟲因子於水稻品種 Pankhari 203，ASD 7 及 IR8 各為一對獨立的顯性因子所支配，其後又發現水稻品種 Ptb 18 同時帶有兩對抗蟲因子，其中一對與 Pankhari 203 的抗蟲因子相同[8]。

水稻品種 ASD 7 同時能抵抗黑尾葉蟬及褐飛蝨，其抗蟲因子是各自獨立的，同時在 Mudgo 品種抗褐飛蝨的遺傳因子與抗黑尾葉蟬品種 Pankhari 203 的因子並不相對，此種發現有助於結合此兩種抗蟲遺傳因子於同一品種的可能[8]。水稻對二化螟蟲（*Chilo suppressalis* Walker）的抵抗行為是一種很複雜的現象，抗蟲品種 Giza 對該蟲的田間抵抗是受數量因子所支配（Polygene）[41]。

但 Athwal & Pathak[8]在室內以昆蟲體重爲分析標準顯示抗蟲行爲係爲多因子(Multiple genes)的效果，由上述兩項分析的結果表示在分析抗蟲行爲前必先充分明瞭作物抗蟲所含的抗蟲機構，使用不同的抗蟲現象爲基準，其結果可能相異。然而從他們的試驗結果可以肯定的是，如從其受害之恢復觀點判斷，水稻抗螟的遺傳率很高，且遺傳行爲亦頗簡單。其他水稻害蟲的抗蟲行爲已分析者還有抵抗桿蠅是受一對因子所支配[24]；抵抗稻癭蠅是受三對互補的顯性因子（Complemntary dominant genes）所支配，而其中之一本質受到一個顯性抑制因子所壓制[79]，而抵抗稻椿象（*Leptocorisa variacornis*）是爲劍葉葉鞘包含稻穗使稻穗免受害所致，此種特性係受3個遺傳因子所支配[8]。

作物抵抗蚜蟲研究工作很多，其抗蟲遺傳行爲據報告在若干種作物係受單因子所支配，有的亦可能與第二個因子連鎖[56·28·47·36]。另外據 Dunn[21] 研究萵苣抵抗根蚜（*Pemphigus bursorius*）的遺傳表示，抗蟲行爲係受額外核因子（Extra nuclear factors）所控制。

生物小種

一般的觀念，總認爲當抗蟲品種大面積栽培後，害蟲會逐漸適應於抗蟲品種並造成爲害，而使抗蟲作用消失。這是可能的，尤其在一個隔離的地區，栽植同一抗蟲種質，而其抗蟲機構又是屬於抗生作用的品種。抗蟲機構爲非偏好性者不太可能產生新生物小種，而容忍性者則不可能有新生物小種產生[63]。事實上，每種害蟲的自然棲群，本來就是包含有多種生物小種的大結合體；各種生物小種受不同遺傳因子所支配。有害於原抗蟲品種的生物小種在原棲群中所佔的比率很低，但當受到抗蟲品種選汰的壓力，其少數能生存於原抗蟲品種者獲得自交機會，即逐漸形成一個佔優勢的生物小種，取代原有在棲群中佔有很高比例的生物小種。此在棲群中新佔優勢的生物小種，能爲害原有抗蟲品種者即爲一般所稱的有害之生物小種(Virulent biotype)[25]。

在病害方面，產生新生物小種（一般稱爲生理小種（Physiological race））使抗病品種的利用栽植發生很大的困擾；小麥銹病（*Puccinia graminis*）的生物小種經記錄者即達數百種，而稻熱病，（*Pyricularia oryzae*）亦有30餘種[3]。然而生物小種在害蟲方面較少出現，其原因爲昆蟲之生理，習性以及取食行爲較病菌複雜[55]。按 Pathak[63] 報告，因自然棲群產生生物小種而對原抗蟲品種產生威脅的例子僅發現於六種害蟲（表2），除麥癭蠅一種外其他均爲蚜蟲。由於蚜蟲行單性生殖，因此只要有一隻能適應於抗蟲品種生存，則較容易產生生物小種。

表二、作物抗蟲已發現之生物小種數（參照Painter 1966）

學　　名	普通名稱	作物別	生物小種數
Phytophaza destructor	麥癭蠅	小麥	8
Amphoraphora rubi	蚜蟲	覆盆子	4
Theriophis maculata	苜蓿蚜	苜蓿	6
Schizaphis graminum	綠蚜	小麥	3
Rhopalosiphum maidis	玉蜀黍葉蚜	高粱、玉蜀黍	3
Acyrthosiphon pisum	豌豆蚜	豌豆、苜蓿	3－9

麥癭蠅的生物小種可能爲各種害蟲生物小種研究較透澈的一種，Painter, et al.[58] 首先推測麥癭蠅可能含有生物小種發生，並選出一些能在抗蟲品種上生存之個體。Cartwright[16] 分離出一個能在具有 H3 抗蟲因子的抗蟲品種小麥生存之麥癭蠅棲群，但這棲群却能在具有其他抗蟲因子的品

種上生存。目前經分離及培育出來的生物小種共有八種，各種生物小種對抗蟲因子不同品種具有不同的爲害能力[25-31]。這些生物小種及小麥對其反應情形如表三所列。

表三、小麥對麥癭蠅生物小種間之反應（参照 Gallun, 1972）

生物小種	Turkey	Seneca	H3 Monon	H6 Benhur	H5 Ribeiro
DP	S	R	R	R	R
A	S	S	R	R	R
B	S	S	S	R	R
C	S	S	R	S	R
D	S	S	S	S	R
E	S	R	S	R	R
F	S	R	R	S	R
G	S	R	S	S	R

從事麥癭蠅生物小種及其寄主間相互作用的研究，Gallun[25] 將其結果歸納爲(1)對同一特別因子所支配的抗蟲小麥品種，那些無能力爲害的生物小種之遺傳行爲是顯性，而有能力爲害之其他生物小種則爲隱性。此項發現有助於測知生物小種在田間出現的可能性。(2)生物小種間雜交後代，在雄性精蟲發育過程中，由父系傳來的染色體全部消失，而精蟲僅收受母系傳來的染色體及其伴行的遺傳質，(3)假如昆蟲沒有攜帶具有爲害能力的隱性因子，則任何具有顯性抗蟲單因子的小麥均可抵抗之(4)麥癭蠅對小麥的每一抗蟲因子均具有能爲害的遺傳因子存在，但它只限於隱性情況下始發生作用。

“Moapa” 是1957年育成的一種抵抗苜蓿蚜（*Therioaphis maculata* (Buckton)）的一種苜蓿品種，其後相繼推出的抗蟲品種大部份僅能抵抗生物小種B。苜蓿蚜的生物小種在美國經記錄者却已達七種之多；分別命名爲 Ent. A, Ent. B, Ent. C, Ent. D, Ent. E, Ent, F, Ent. H. 等。其中 Ent. B 是原來引入美國的生物小種而 Ent. C 及D等爲抗有機磷劑生物小種，Ent, A.E. F 及H則爲栽植原抗蟲品種 Moapa 區中重要之生物小種，其中又以 Ent. H 的破壞性最大[50-51-52]。

Dickenson, sel. 28A 及 C.I. 9058 是爲抵抗青蚜（Greenbug, *Schizaphis graminum* (Rondani)）自然棲群（或 biotype A）最好的兩個小麥品系，但1961年於溫室內發現新生物小種 biotype B 却可在該等抗蟲品系上生存[100]。最近另一新生物小種 biotype C，又從田間棲群分離獲得，此生物小種能生存於 Piper Sudangrass，但另兩種則不可能[101]。目前已有5個高粱品系對此新生物小種具有抗性並已應用於育種材料[25]。

玉米蚜（*Rhopalosiphum maidis* (Fitch)）生物小種已發現者亦達四種之多，此四種生物小種對不同寄主的適應力及爲害情況均不同，他們的地理分佈及對環境之抵抗性亦不相同[68-69]。

水稻抵抗褐飛蝨品種已於非律賓、日本及本省相繼育成。於室內連續飼養褐飛蝨於抗蟲品種，褐飛蝨對抗蟲品種的適應性可隨世代而增進，最後並可分離出新生物小種[34-8-6]。嘉義農業試驗分所於養蟲室內，將自田間採得之褐飛蝨自然棲群，分離出三種生物小種，命名爲 Biotype I, Biotype II 及 Biotype III。Biotype I 是爲目前本省褐飛蝨自然棲群中佔優勢的生物小種，除嘉農秈11號外可爲害本省現行推廣之任何秈稻或蓬萊稻（抗蟲因子與臺中在來一號（T(N)1）相同之任何品種）。Biotype III 係分別自抗蟲性由一對隱性因子的水稻品種 H105, Samba 及 IR 9-60 培育成功，

可爲害任何抗蟲性由一對隱性因子所支配的水稻品種及抗蟲因子與 T(N)1相同之任何品種，但却不蟲性爲一對顯性因子所支配的抗蟲品種。Biotype Ⅱ 可爲害抗蟲性由一對顯性或隱性因子所支配之水稻品種及與抗蟲因子與 T(N)1相同之任何品種水稻，是爲爲害性最廣汎的生物小種。對能爲害抗此三種生物小種目前已發現有新的抗蟲種質可資應付[6]。Shastry[19]報告水稻品系 CR56-12在印度的CRRI 及 Warangal 對稻癭蠅反應不同，可能爲不同生物小種所致。W1263在泰國、印度及印尼、錫蘭對稻癭蠅反應亦有差異，是否爲生物小種不同，有待觀察。

從上面例子觀察，新生物小種雖然是對抗蟲品種的利用具有很大的限制作用，但却沒想像中的嚴重。目前除蚜蟲因行單性生殖，新生物小種產生較易外，至於麥癭蠅或將來褐飛蝨的生物小種，由於行兩性生殖，因此祗要田間有具顯性遺傳爲害性較小的生物小種存在，則爲害較嚴重之新生物小種的產生必須經過相當歲月才能形成甚或無法形成。雖然如此，但吾等仍須在田間新生物小種未形成之前，先了解生物小種與其寄主相互間遺傳的關係，並藉生物小種對不同類型抗蟲遺傳質反應的差異，尋找新的抗蟲因子，及使用不同類型抗蟲遺傳質的抗蟲品種交替栽培，則可克服生物小種所帶來之困擾。

抗蟲品種在害蟲防治上之利用

作物抗蟲品種的抗蟲現象已如前述，包括抗生作用、非偏好及容忍等三種抗蟲機構。前兩種對昆蟲生存或取食、產卵具有不良作用，必能抑制害蟲的發生密度，使作物受害程度達於最輕微程度。然而各種作物的經濟價值不同，對害蟲爲害的容忍程度差異很大，而且作物本身對害蟲的抵抗程度亦因種類、品種及地區等而有差別，因此對抗蟲品種在害蟲防治上之利用亦隨各別情況而異。茲爲便於說明；本文依 Painter[56] 的意見及參酌實際發生事例，將抗蟲品種利用於害蟲防治的情況歸納以下三大類:

(A)當作主要治蟲方法

以抗蟲品種當作主要治蟲方法的例子迄至目前尙不多見，此乃因應用作物抗蟲之方法在目前仍在開發階段。唯從過去少數例子及害蟲食性推論，利用抗蟲品種當作主要防蟲方法對食性或寄主較專一之害蟲當較雜食性、寄主範圍廣汎的種類更具希望。

除應用抵抗性葡萄品種於防治根瘤蚜已獲傑出的成就外，有關抗蟲品種對害蟲作用的資料可能要以小麥對麥癭蠅的資料最爲豐富。Painter[54] 報告，1942年以前，在加州 Montezuma Hill 地區，小麥遭受麥癭蠅的爲害率幾達100%，但在抗蟲品種 Pawnee 栽培後，其受害率降到1%以下。同樣情形亦發現於 Kansas，栽培抗蟲品種後麥癭蠅的個體已很難發現。事實上 Pawnee 與感蟲品種相比較祗能減少約50%的被害率，但由於抗蟲品種對每一蟲期每一世代的累積作用，在於廣汎面積栽培的情況下，竟使麥癭蠅在 Kansas 保持於極低的棲群密度達15年之久。栽植抗麥癭蠅品種的利益是難以計算的，單在 Kansas 地區，於1950年因栽植抗蟲品種約增產一千五百萬美元[54]，在1964年，全國增產數約達二億三千八百萬美元[45,46]。目前在美國已有24個抵抗性品種在34州栽培，種植的面積達340萬公頃左右，約佔小麥總栽培面積的六分之一[25,26]。

小麥葉蜂是另一個應用抗蟲品種防治成功的例子。本來這種害蟲是爲美國及加拿大西部大平原地區小麥的重要害蟲，爲害率平均在75～85%。1944年單在 North Dakota 地區因遭受其爲害損失約達六百萬美元。1942年培育成功的一種麥桿堅實的小麥，在 Montana 及 Canada 數地試種其被害率低於10%，而栽植於同一地區的感蟲品種，被害率則達90%左右。該抗蟲品種隨於1947年被命名爲 Rescue 並即推廣栽培。在數年內葉蜂密度顯著的下降，受害率直線下降，栽培者乃因之日增[26]。

Luginbill and Knipling[46] 檢討在 Montana 的兩個地區大面積栽植抗蟲品種 Rescue 後的結果，發現在栽植後 6～7 年內小麥難以發現遭受葉蜂爲害。同樣情形亦爲 Holmes, et al.[32]所報

導。然而由於 Rescue 品種之碾谷率及品質較差、且易感銹病，產量在葉蜂發生不嚴重時較感蟲品種爲低，因此建議種植感蟲品種三年再種植抗蟲品種兩年，即足以有效地控制小麥葉蜂之猖獗成災[46]。目前在美國有七個抵抗小麥葉蜂的栽培品種，種植面積總共約達六十萬七千五百公頃。

應用抗蟲苜蓿品種防治苜蓿蚜 (*Therioaphis maculata*) 在近年來亦獲得顯著成效。此種蚜蟲於1954年發現於新墨西哥州，數年後即擴展到另外的38州，並造成損失高達八千一百萬美元左右。在目前已有 Lahontan, Moapa 等17個抗蟲品種推荐農民栽培於數百萬英畝。據若干地區記載栽植一般品種受苜蓿蚜的爲害約爲抗蟲品種的20倍[45,25]。

Harvey, et al.[30] 在田間觀察不同抗蟲高粱品種幼苗遭受綠蚜 (Greenbug, *Schizaphis graminum*) 爲害的影響，發現在感蟲品種 CK-60 無論產量或藁重均受到顯著的影響，但抗蟲品種則並無明顯損失。同時期 Starks, et al.[86] 於室內比較綠蚜在抗蟲 (IS 809) 及感蟲 (wheat land) 高粱品種各生長期爲害對產量的影響，表示抗蟲品種各生長期的抗蟲程度相當一致。即使遭受高密度綠蚜爲害對株高或產量均無顯著影響，而感蟲品種如無受藥劑保護將受到嚴重損失。此項報告充分表示抗蟲高粱品種在田間可抑制綠蚜的爲害。

抵抗粟螟的玉蜀黍品種在美國栽培面積亦達一千二百萬公頃左右。這些抗螟品種對粟螟的棲群密度影響如何雖無詳細調查資料，但據一般報告在若干大面積栽植抗螟品種地區，螟蟲的密度及爲害均有相當程度的下降[29]。

抵抗二化螟蟲及褐飛蝨的水稻品種於近年內育成，由於這些品種目前正在推廣中，種植面積尙小，栽培效益如何尙難估計。然而據本省近四年來的觀察，抵抗褐飛蝨品種在田間無藥劑處理情況下，褐飛蝨密度始終保持很低，因此受害非常輕微，但栽植於同地方之感蟲品種 (臺中在來1號)，褐飛蝨

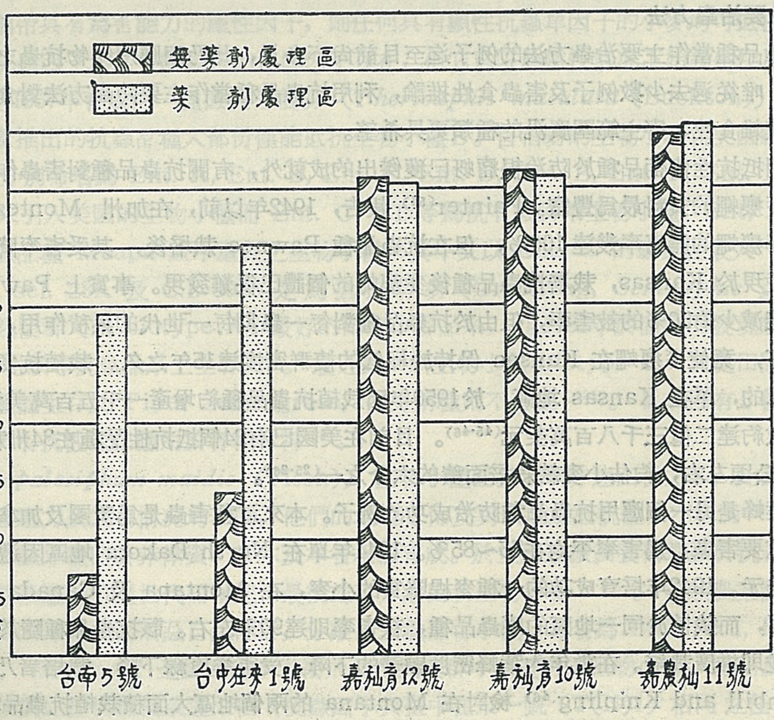

圖 1. 褐飛蝨對不同水稻品種爲害產量損失比較圖移植後天數

的棲群密度則於水稻開花後即開始呈直線上升，每欉平均蟲數與抗蟲品種水稻上者相差達20餘倍。因此稻株被害完全枯萎，產量受損甚大（圖1，圖2）。同樣情形亦發現於國際稻米研究所的室內及田

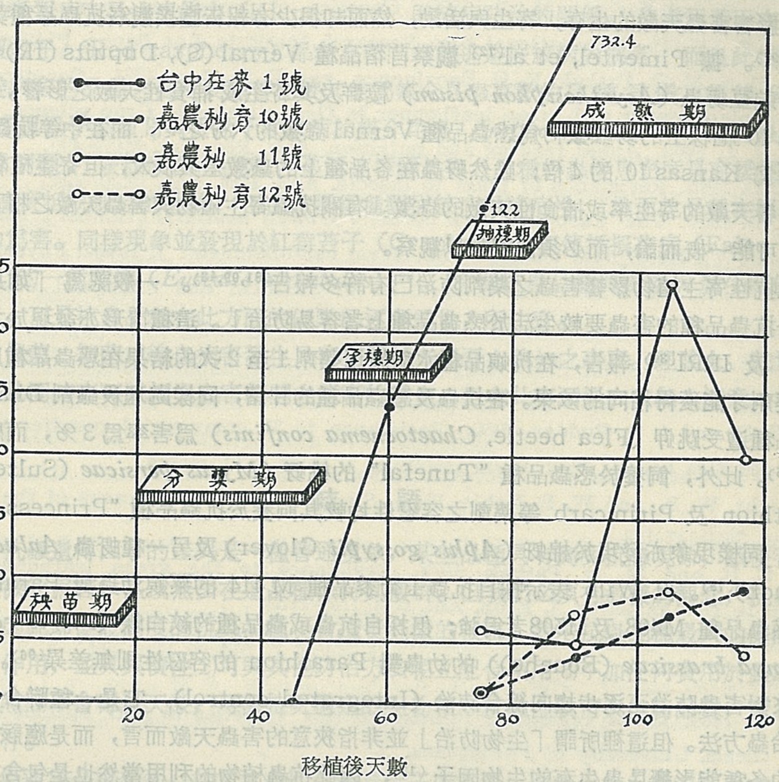

圖 2. 褐飛蝨在各新育成抗蟲品系內棲群消長比較圖（61年2期作）

間試驗，顯示應用抗蟲品種可足以抑制褐飛蝨的發生及爲害(5·5·60·61)。水稻對螟蟲的抵抗性並不如對褐飛蝨明顯，新育成品種 IR 20 具有中等抵抗性，但其對螟蟲棲群密度亦具累積性降低作用(64·62)。IRRI(34) 飼養螟蟲於臺東 16 號（抗），IR 20（中抗）及 Rexoro（感）三品種，經 4 世代後螟蛾在 IR 20 產的卵爲臺東16號的五倍，而產於 Rexoro 者則爲臺東16號的82倍之多。另一試驗以嘉南 2 號（抗）及 Sopan Kwai（感）分別於大網室繁殖二化螟蟲，以同樣數目幼蟲接於兩品種，第一世代有10%及 14.7% 成蟲分別由抗蟲及感蟲品種羽化，但在接蟲後120天，由抗蟲品種收回91隻幼蟲及 2 個卵塊，稻株平均受害率低於 1 %但感蟲品種則收回 1538 隻幼蟲，83 個卵塊，而稻株受害率高達56.3%(65)。由此項例子充分顯示中等抗蟲品種，雖然無法於短期內抑制害蟲棲群減少爲害，但經長期的累積作用，亦使害蟲密度逐漸下降。更值得注意的是抵抗二化螟蟲水稻品種對其他種類螟蟲一般亦呈抵抗性，使種植抗蟲品種的效果更合乎實際(19)。

(B)補助其他治蟲方法，減少棲群密度

利用抗蟲品種治蟲的優點之一是它可和任何害蟲防治方法互補並用。所謂抗蟲品種顧名思義是一種較通常品種不適於害蟲生存爲害的品種，害蟲在這種植物上取食一般活力較差、體形小，體重減輕，對環境的抵抗力相對減低。更由於抗蟲品種的機械作用或生化物質的影響，使害蟲不安於抗蟲品種取食或棲息，長時間曝露於寄主之外或不斷遷移的結果，將增加其遭受天敵攻擊的機會。Lincoln, et

al.[42] 報告將棉鈴象鼻蟲甫孵化的幼蟲置於抗蟲品種 Frego 的植株上，由於幼蟲停留在棉鈴外的時間較之置於感蟲上者爲長，遭受天敵捕食的機會爲在感蟲品種上者的兩倍。

許多人懷疑抗蟲植物是否影響寄生或捕食性天敵之生存與活動。在以往雖然有許多報告說明不同植物寄主會影響害蟲天敵的生存，寄生與活動，然而却很少有報告直接觀察抗蟲品種對害蟲天敵的影響[56·88·23·90·97]。據 Pimentel, et al[72] 觀察苜蓿品種 Vernal (S), Dupuits (IR) 及 Kansas 10 (HR) 等對豌豆蚜蟲 (*Acyrthosiphon pisum*) 棲群及其寄生或捕食性天敵之影響，發現在抗蟲品種 Kansas 10 植株上的蚜蟲數約爲感蟲品種 Vernal 蟲數的六分之一，而在中等抗蟲品種 Dupuits 上蚜蟲數約爲 Kansas 10 的 4 倍；雖然蚜蟲在各品種上的蟲數差異很大，但寄主植物抗蟲性的不同並不直接影響天敵的寄生率或捕食性天敵的蟲數。有關抗蟲寄主植物與害蟲天敵之相互關係 Painter [56] 認爲不可能一概而論，而必須個案加以觀察。

有關抵抗性寄主植物影響害蟲之藥劑防治已有許多報告[81,99,43]。一般認爲「如果需要藉助藥劑處理棲息於抗蟲品種的害蟲要較生活於感蟲品種上者容易防治」。這種情形亦發現於水稻害蟲防治，Pathak[66] 及 IRRI[34] 報告，在抗螟品種水稻施用藥劑 1 至 2 次的結果在感蟲品種則至少需要施用 2 倍以上藥劑才能獲得相同的效果。在抗蟲及感蟲品種的甘藷，同樣處理殺蟲劑 Diazinon 一次，其結果抗蟲品種遭受跳岬 (Flea beetle, *Chaetocnema confinis*) 爲害率爲 3 %，而感蟲品種則有43 %受害[14·15]。此外，飼養於感蟲品種 "Tunefal" 的桃蚜 (*Myzus persicae* (Sulzer)) 對 Nicotine; Parathion 及 Pirimcarb 等藥劑之容忍性均較其飼養於抗蟲品種 "Princess Anne" 者強 2 —4 倍[78]。同樣現象亦發現於棉蚜 (*Aphis gossypii* Glover) 及另一種蚜蟲 *Aulacorthum solani* (Kaltenbach)[78]。但 Wilb 表示採自抗蟲玉蜀黍品種 M 414 的粟螟幼蟲對 Parathion 的容忍較採自其他感蟲品種 M408 及M508者爲強；但採自抗蟲或蟲品種的紋白蝶 (*Pieris rapae*(L)) 或菜蛆 (*Hylemya brassicae* (Bouche)) 的幼蟲對 Parathion 的容忍性則無差異[96]。

近年來對害蟲防治正逐步趨向綜合防治 (Integrated control)，它是一種聯合生物及化學防治於一體的治蟲方法。但這裡所謂「生物防治」並非指狹意的害蟲天敵而言，而是應該包括存在於自然界或人爲的各種能影響昆蟲生存的生物因子[13]，因此抗蟲植物的利用當然也是包含在內。Pathak [63]及 Dyck[22]於嘗試水稻害蟲綜合防治試驗後，深深體驗到綜合抗蟲品種於整個水稻害蟲防治計劃的重要性。蓋因在抗蟲品種，有時無須藥劑處理亦可獲得高產量，於感蟲品種則須使用藥劑保護方能獲得同樣收益。理論上，栽培對主要害蟲具有抵抗性品種、即可顯著地減少施用藥劑次數，如此對主要或次要害蟲天敵的保存當有很大貢獻，間接地對害蟲棲群變化亦具穩定作用。因此對於抗蟲品種在綜合防治所扮的角色如何，宜於今後加強觀察。

(C)抵抗媒介昆蟲減少毒素病的罹病率

作物抵抗媒介昆蟲與抵抗毒素病一般在遺傳上並無直接相關，然而栽植抵抗媒介昆蟲品種却可減少毒素病的擴展。據 Pathak[63] 報告 "Tungro virus" 一直爲國際稻米研究所之最大問題，在1964—1966年間感病品種通常有50%以上植株遭受爲害。然該毒素病目前已很少發現，主要原因顯然係因大面積栽植抵抗媒介昆蟲—黑尾葉蟬 (*Nephotettix virescens*) 水稻品種 IR 8 所致。室內檢定 IR 8 與 T(N) 1對 Tungro virus 同屬感病品種，但在田間試驗 IR 8 發病率約感蟲品種 T(N) 1的四分之一。此種現象亦發現於泰國，IR 8 在泰國田間抗病性測定被歸類爲抗 Tungro 品種，實則爲抵抗黑尾葉蟬所形成的一種「田間抗病」形態。因此田間大量種植 IR 8 時，未見有嚴重受 Tungro 爲害之實況[1]。

IR 8 同時亦爲抵抗發生於中美洲的一種稻飛蝨 *Sogatodes orizicola*，但此品種對由飛蝨所傳播之毒素病 Hoza blanca 却呈感病性，然而在田間當臨接之感病品種罹病嚴重時，IR 8 稻株發病

者極少[35]。抵抗褐飛蝨的水稻品種 Mudgo 對經褐飛蝨傳播的草狀矮化病 (Grassy stunt) 呈感蟲性，但於田間當其他感病性品種罹病相當嚴重時，Mudgo 罹病率甚低[34]。

除水稻之外，其他作物亦早已發現栽培抗蟲品種可減輕毒素病罹病率的事實。Rankin[74] 首先促請注意感病性品種對病害具逃病能力 (Klendusity) 與植病防治的關係。他表示若干在室內接種屬於感病性的赤覆盆子 (Red raspberry) 品種在田間却能逃避嵌紋病的為害，而且此病在那種屬於感病但却能逃避病害的品種之蔓延要顯著地較其他爲媒介昆蟲喜歡的品種爲慢。其後 Schwartze, et al.[76] 發現赤覆盆子品種間對覆盆子嵌紋病的媒介昆蟲 *Amphorophora rubi* (蚜蟲的一種) 的抗蟲性差異非常明顯，嵌紋病在各品種之蔓延速度顯然與各品種蚜蟲棲息密度具直接關係。Lloyd Geoge 品種具高度抵抗蚜蟲的性狀，但由嫁接接種對嵌紋病呈感病性，然而此品種在田間却從未發現遭受嵌紋病的爲害。同樣現象並發現於紅莓苔子 (Cranberry) 與傳播擬花病 (False blossom——毒素病的一種)的一種葉蟬 (*Euscelis striatulus*)[98]。有關抗蟲品種與毒素病發生關係之論述近年來屢見於報告，可見抗蟲品種在此方面的優點已逐漸爲世人所注意。

昆蟲與多種眞菌、細菌或線蟲病害發生具密切關係亦爲吾人熟知之事實。理論上，栽培抗蟲品種可減輕蟲害，因此同時亦可減輕與蟲害相關之病害的發生。但在此方面過去尚無人注意，有待日後祥細觀察。

結　語

作物品種間抗蟲遺傳因子的差異是一種普通現象，某些品種具有高度抗蟲現象，致使害蟲祇能在這種品種造成輕微的爲害；甚或無法在這品種保持其棲群。但我們必須有這樣的觀念，抗蟲現象是相對的而非絕對，因此即使最高度的抗蟲品種仍會遭受些微的被害。栽培抗蟲品種最大的優點是(1)對各級害蟲密度均有作用，並具累積性(2)可與其他防治方法相互配合使用(3)不加任何費用於農民(4)無毒性或污染環境的缺點(5)不會毒殺天敵，可保持更穩定的生物相(6)抗蟲性狀可與作物品質，產量及其他優良農藝性結合並存。

作物抗蟲現象通常是複雜的，如其抗蟲性受數量因子所支配，則新生物小種不易生成，抗蟲品種的利用壽命當較久遠、單因子控制的抗蟲現象一般較易爲害蟲所適應，因此在我們從事品種抗蟲研究時，必須多方的尋求不同抗蟲的遺傳種質 (Germ Plasm)，並將各種抗蟲遺傳質結合於同一品種，或者應用非偏好或容忍型抗蟲機構合併於抗生作用之抗蟲植株，如此將使抗蟲品種的抗蟲性更趨穩定。不管如何，吾人切勿可因抗蟲品種已育成，就可高枕無憂，而必須繼續探討害蟲與其寄主間的相互作用，如此才能繼續育成更佳更可靠的抗蟲品種提供農民栽培。

另一方面從以往成功的例子，我們知道作物對各種病蟲害的抵抗因子是可以同時合併於同一作物品種的。在水稻方面，於國際稻米研究所育成之 IR 20，26，28，29及30等品種均同時兼具抵抗水稻各種主要病蟲之特性而且對多種不良土壤問題亦具抵抗性。這是一個值得我們效法努力追求的目標，當然這還需要各方面人才彼此同心協力才能達成。

參 考 文 獻

1. 林克治 1969.水稻 Tungro 病。稻作病害，民國58年9月農復會舉辦稻作病害專題硏討會講稿集P.199—236。
2. 周文德、鄭清煥 1971. 抗黑尾葉蟬及褐飛蝨水稻品種田間試驗觀察。農業研究 12(2): 1—8。
3. 簡錦忠 1974. 稻熱病病原菌生理型之研究。農業研究 23(1): 16—37。
4. 鄭清煥 1974. 水稻品種對褐飛蝨抵抗性研究。中正科學技術研究講座研究計劃總報告 P.91。
5. 鄭清煥 1974. 水稻對褐飛蝨及黑尾葉蟬之抵抗性研究。62年度臺灣省農業試驗所年報 P.128—133。

6. 鄭清煥 1975. 褐飛蝨新生物小種水稻相互間之關係。(農業研究24(1)，印刷中)。

7. Abhyankankar, K. M., and P. Sarup. 1970. Effect of host plants on the susceptibility of *Lipaphis erysimi* Kelt. to some impotant insecticides. Indian J. Ent. 32:74-85.

8. Athwal, D. S. and Pathak, M. D. 1972. Genetics of resistance to rice insects. In Rice Breeding, P. 375-386. International Rice Research Institute, Los Banos, Philippines.

9. Athwal, D. S, M. D. Pathak, E. H. Bacalangco, and C. D. Pura 1971. Genetics of resistance to brown planthopper and green leafhopper in *Oryza sativa* L. Crop science. 11:747-750.

10. Auclair, J. L. 1963. Aphid feading and nutrition. Ann. Rev. Ent. 8:439-490.

11. Beck, S. D. 1965. Resistance of plant to insects. Ann. Rev. Ent. 10:207-232.

12. Beck, S. D. 1957. The European corn borer, *Pyrausta nubilalis* (Hübner), and its principal host plant. VI. Host plant resistanc eto larval establishment. J. Insect Physiology. 1:158-177.

13. Bosch, R. V. M. Stern 1962. The integration of chemical and biological control of arthropod pests. Ann. Rev. Ent 7:

14. Brett, C. H. and M. J. Sullivan. 1969. Sweet potato flea beetle control. North Carolina 1969. N. C. State Univ., Raleigh, North Carolina. Vegetable insect Annual Rep.

15. Brett, C H. and J. D. Rudder. 1966. Resistance to 30 commercial cruciferous varieties to the striped flea beetle, *Phyllotreta striolata*. J. Econ. Ent. 59:769.

16. Cartwright, W. B., and W. B. Noble. 1947. Studies on biological races of the hessian fly. J. Agr. Res. 75(4):147-153.

17. Cheng, C. H. and M. D. Pathak. 1972. Resistance to the green leafhopper, *Nephotettix virescens* in rice varieties. J. Econ. Ent. 65(4):1149-1153.

18. Coon, B. F. 1946. Resistance of soybean varieties to Japanese beetle attack. J. Econ Ent. 39:510-513.

19. Das, T. Y. 1969. Cross resistance in selected rice varieties to four species of stem borers. Master thesis, University of Philippines.

20. Davis. F. M., G. E. Scott and C. A. Henderson. 1973. Southwestern Corn borer: Preliminary screening of corn genotypes for resistance. J. Econ. Ent. 66(2):503-506.

21. Dunn J. A. 1974. Study on inheritance of resistance to root aphid, *Pemphigus bursarius*, in lettuce. Ann. appl. Biol. Biol. 76:9-18.

22. Dyck, V. A. 1974. Recent advances in the integrated control of insect pests of rice. A paper presented at IRRI conference, 1974, IRRI, Philippines.

23. Franklin, R. T. and F. C. Holdaway. 1966. A relathionship of the plant to parasitism of the European corn borer by tachinid parasite *Lydella grisescens*. J. Econ. Ent. 59:440-1.

24. Fukuda, J. and H. Inoue 1962. Varietal resistance of rice to the stem maggot. IRC Newsletter 11(1):8-9.

25. Gallun, R. L. 1972. Genetic interrelationships between host plants and insects. J. Environ. Quality 1(3):258-265.

26. Gallun. R. L. and L. P. Reitz. 1971. Wheat cultivars resistant to race of hessian fly. USDA Production Res. Rep. No. 134. p.16

27. Gallun, R. L., and J. H. Hatchett. 1968. Interrelationship between races of hessian fly, *Mayetiola destructor* (Say) and resistance in wheat. Proc.3nd. Int. Wheat Genet. Symp. Canberra. Aust. Acad. Sci.

28. Glover, D. V. and E. H. Stanford. 1966. Tetrasomic inheritance of resistance in alfalfa to

the pea aphis. Crop science 6:161-165.

29. Guthrie, W. D. 1969. European corn borer investigations. European Corn Borer Laboratory. Ankeny, Iowa, 51p.

30. Horvey, T. L. and H. L. Hackerott. 1974. Effects of greenbugs on resistant and susceptible sorghum seedlings in the field. J. Econ. Ent. 67(3):377-380

31. Hatchett, J. H. 1969. Race E, sixth race of hessian fly, *Mayetiola destructor* (Say), discovered in Georgia wheat fields. Annu. Ent. Soc. Amer. 62:677-678

32. Holmes, N. D. and L. K. Peterson. 1957. Effect of continous rearing on rescue wheat on survival of the wheat stem saw fly, *Cephus cinctus* Nort, (Hymenoptera: Cephidae). Canad. Ent. 89:363-365.

33. Howe, W. L. 1949. Factors affecting the resistance of certain cucurbits to the squash borer. J. Econ. Ent. 42:321-326.

34. IRRI, 1967, 1968 and 1969, 1970, 1971, 1972, International Rice Research Institute, P. O. Box 583, Manila, Philippines. Annual Reports for 1967, 1968, 1969, 1970, 1971.

35. Jennings, P.R. and Alicia Pineda T. 1970. Screening rice varieties for resistance to planthoppers, *Sogatodes oryzicola* (Muir). Crop Sci. 10:687-689.

36. Keep, E., R. L. H. Parker. 1969. Fruit breeding. Further data on resistance to the Rubus aphid, *Amphora rubi* (Kltb). Rept. E. Malling Res. Sta. X21.

37. Keller, J. C., F. G. Maxwell and J. N. Jankins and T. B. Davich 1963. A boll weevil attractant from cotton. J. Econ. Ent. 56:110-111.

38. Keller, J. D., F. G. Maxwell and J. N. Jenkins. 1962. Cotton extracts as arrestants and feeding stimulants for the boll weevil. J. Econ. Ent. 55:880-881.

39. Kinzer, D. R., J. T. Pitts, R. R. Walton, and J. S. Kirby. 1973. Thrips resistance in plant introductions and in selections made for peanut improvement in Oklahoma. J. Econ. Ent. 64(1):91-95.

40. Knight, R. L. E. Keep, J.B. Briggs and J. H. Parker. 1974. Transference of resistance to black-currant gall mite, *Cocidophyops ribis*, from gooseberry to blackcurrant. Ann. appl. Biol. 76:123-130.

41. Koshiany, M. A., Pan, C. L., Hak, G. E. Zaid, I.S. A., Azizi, A., Hinbi, C. and Mad Masoud, M. 1957. A study on the resistance of rice to stem borer infestations. Int. Rice Comm. Newsletter 6(1):23-25.

42. Lincoln. C., G. Dean, B, A. Waddle, Y. C. Yearian, J. R. Phillips, N. P. Turgwell and L. Roberts. 1970. Resistance of Frego-type cotton to boll weevil and boll worm. Ann. Meet. Ent. Soc. Amer., S. E. Branch. Jan. 26-29. 1970.

43. Linn, M. B., J. W. Apple and C. Y. Arneld. 1948. Leafhopper control with DDT in relation to length of season, quality, and yield of seventeen potato varieties. Amer. Potato. Jour. 25:315-328.

44. Livers, R. W., and T. L. Harvey. 1969. Greenbug resistance in rye. J. Econ. Ent. 62:1368-1370.

45. Luginbill, P., Jr. 1969. Developing resistant plants: the ideal method of controlling insects. ARS, USDA, Prod. Rep. 111p. 1-14.

46. Luginbill, P. and E. F. Knipling 1969. Suppression of wheat stem saw-fly with resistant wheat, USDA. ARS. Prod. Res. Rep. 107, 1-9.

47. Manglitz, G. R. and H. J. Gorz. 1968. Inheritance of resistance in sweet clover to the sweet

clover aphid. J. Econ. Ent. 61:90-93.
48. Maltais, J. B., and J. L. Auclair. 1957. Factors in resistance of peas to the pea aphid, *Acyrthosiplon pisum* (Harr.). I. The sugar-nitrogen ratio. Can. Ent. 89:365-370.
49. Maxwall, F. G., J. N. Jenkins and J. C, Keller. 1963. A boll weevil repellent from the volatile substances of cotton. J. Econ. Ent. 56:894-895.
50. Nielson, M. W. and H. Don. 1974. A new virulent biotype of the spotted alfalfa aphid in Arizona. J. Econ. Ent. 67(1):64-66.
51. Nielson, M. W, M. H. Schonhorst, H. Don, W. F. Lehmen, and V. L. Marble 1971. Resistance in alfalfa to four biotypes of the spotted alfalfa aphid. J. Econ. Ent. 64(2): 506-510.
52. Nielson, M. W., H. Don, M. H. Schonhorst, W. F. Lehman, and V. L. Marble. 1970. Biotypes of the spotted alfalfa aphid in western United States. J. Econ. Ent. 62:1822-1925.
53. Oatman, E. R. 1959. Host range studies of the melon leaf miner, *Liriomyza pictella* (Thompson). Ann. Ent. Soc Amer. 52:729-741.
54. Painter, R. H. 1968. Crops that resist insects provide a way to increase world food supply. Kansas State Agric. Expt. Sta. Bull. 520.
55. Painter, R. H. 1958. Resistance of plants to insects. Ann. Rev. Ent. 3:267-290.
56. Painter, R. H. 1951. Insect resistance in Crop Plants. The Macmillan Co. New. York. 520 p.
57. Painter, R. H. and D. C. Peters. 1956. Screening wheat varieties and hybrids for resistance to the green bug. J. Econ. Ent. 49:546-548.
58. Painter, R. H., S. C. Salmon, and J. H. Parker. 1931. Resistance of varieties of winter wheat to Hessian fly, *Phytophage destructor* (Say). Kans. Agr. Expt. Sta. Jech. Bull. 27:1-58.
59. Patch, L. H., J. R. Halbert, and R. T. Everly. 1942. Strain of field corn resistant to the survival of the European corn borer. USDA. Tech. Bull. 823.21 p.
60. Pathak, M. D. 1972. Resistance to insect pests in rice varieties. In Rice Bice Breeding, p. 325-341. Inter. Rice Res. Inst. Los Baros, Philippines.
61. Pathak, M. D. 1971. Resistance to insect pests in rice varietieties, A papr presented on Proc. Sym. of Rice Breeding, 1971, IRRI 29 p.
62. Pathak, M. D. 1969. Integrated control of rice pests. Symp. Integrated Methods of Insect Control. Indian Agric. Res. Inst., New Delhi, India.
63. Pathak, M. D., Andres, F., Galacgac, N. andd Raros, R. 1971. Resistance of rice varieties to striped rice borers. Int. Rice Res. Inst. Tech. Bull. 11, 69 p.
64. Pathak, M.D., F. Andres, N. Galacgac and R. Raros. 1970. Striped borer, *Chilo Suppresalis*, resistance in varieties. Int, Rice Res. Inst. 50 p.
65. Pathak, M. D. 1970. Genetics of plants in pest management. Concept of pest of pest management R. L. Rabband F. E. Guthrie, (Ed.) N. C. State Uni, Raleigh, 1970.
66. Pathak, M. D. 1964. Varietal resistance to rice stem borers at IRRI. In proc. Symp. Major Insect pests of the Rice Plant. 405-418. John Hopkins Press, Baltimore, 1966. 729 p.
67. Pathak, M. D., C. H. Cheng and M. E. Fortuno. 1969. Resistance to *Nephotettix impicticep* and *Nilaparvata lugens* in rice varieties. Nature. 223:512-540.
68. Pathak, M. D. and R. H. Painter. 1958. Differntial amounts of material taken up by four biotypes of corn leaf aphids from resistant and susceptible sorghums. Ann. Ent. Soc. Amer. 51:250-254.
69. Pathak. M. D. and R. H. Painter. 1958. Effect of the feeding of the four biotypes of corn

leaf aphid, *Phopalosiphum maidis* (Fitch). on susceptible White Martin sorghum and Spartan barley plants J. Kans. Ent. Soc. 31:93-100.

70. Penny, L.H., and F. F. Dicke. 1957. A. single gene pair controlling segregation for European corn borer resistance. Agron. J. 49:196.
71. Penny, L. H. and F. F. Dicke.. 1956. Inheritance of resistance in corn to leaf feeding by the European corn borer. Agron. J. 48:200-203.
72. Pimentel, D., and A. G. Wheeler, Jr. 1973. Influence of alfalfa resistance on a pea aphid population and its associated parasites, predators and competitors. Enviro Ent. 2(1):1-11.
73. Platt, A. W., J. G. Darrock, and H. J. Kemp. 1941. The inheritance of solid stem and certain other characteristics in crosses between varieties of *Triticum vulgare*. Sci. Agr. 22:216-223.
74. Rankin, W. H. 1927. Mosaic of raspberries. New. York (Geneva) Agr. Exp. Sta. Bul. 543.
75. Ringlund, K., and E. H. Everson. 1968. Leaf pubescence in common wheat, *Triticum aestivum* L., and resistance to the cereal leaf beetle, *Oulema melanopus* (L). Crop Sci. 8:705-710.
76. Schwartze, C. D., and Glenn A. Huber. 1937. Aphid resistance in breeding mosaic escapting red raspberries. Science 86:158-159.
77. Scott, G. E., F. Dicke, and G. R. Pesho. 1966. Location of genes controlling resistance in corn to leaf feeding of the European corn borer. Crop Sci. 6:444-446.
78. Selander, J., M. Markkula and K. Tiittanen. 1972. Resistance of the aphids *Myzus persicae* (Sulz) *Aulacorthum solani* (Kalt.) and *Aphis gossypii* Glov. to inecticides, and the influence of the host plant on this resistance Ann. Ann. Agric. Fenn. 11:141-145.
79. Shastry, S. V. S., Freeman, W. H., Seshu, D. V., Israel, P. and Roy, J. K. 1972. Host-plant resistance to rice gall midge. In Rice Breeding, P. 353-365. IRRI, Los Banos, Philippines.
80. Sifuentes, J. and R. H. Painter, 1964. Inheritance of resistance to the western corn root worm adults in field corn. J. Econ. Ent. 57:477.
81. Sleesman, J. P., and Sushnell, J. 1945. The Yield response of several commecially important potato varieties to the application of bordeaux mixture. Ohio Agr. Expt. St. Bimo. Bull. 233:73-75.
82. Sogawa, K. 1970 Effect of Asparagine on feeding of the brown planthopper. Japan J. Appl. Ent. and Zool 14(2):107.
83. Sogawa, K. Studies on feeding habits of the brown planthopper. I. Effect of nitrogen deficiency of host plant on insect feeding. Jap. J. Appl. Ent. and Zool. 14:101-106.
84. Sogawa, K. and M. D. Pathak 1970. Mechanism of brown planthopper resistance in Mudgo variety of rice. Japan J. Appl. Ent. and Zool. 5(3):145-158.
85. Soto, P. E. 1974. Ovipositional preference and antibiosis in relation to resistance shootfly. J. Econ Ent. 67(2):265-267.
86. Starks, K. J. and E. A. Wood, Jr. 1974. Greenbugs: Damage to growth stages of susceptible and resistant sorghum J. Ent. 67(3):456-457.
87. Starks K. J. and W. W. McMillan. 1967. Resistance in corn to the corn earworm and fall army worm. Part II. Types of field resistance to the corn earworm. J. Econ. Ent. 60:920-923.
88. Streams, F. A., M. Shahjahan, and H. G. Lemasuier 1968. Influence of plants on the parasitization of the tarnished plant bug by *Liophron pallipes*. J. Econ. Ent. 61:996-9.
89. Teetes, G. L., C. A. Schaefer and J. W. Johnson 1974. Resistance in Sorghums to the greenbug: Laboratory determination of mechanisms of resistance, J. Econ. Ent. 67(3):393-396.

90. Teotia, T. P. S., and G. P. Gupta 1970. Effect of host plant on the susceptibility of larvae of *Athalia proxima* Klug. to insecticides. Indian J. Ent. 32:140-4.
91. Tingey W. M. and M. W. Nielson 1974. Alfalfa seed Chalcid: Non-preference resistance in alfalfa J. Econ. Ent. 67(2):219-221.
92. U.S. Department of Agriculture, Cooperative State Research Service. 1971. Current Res. Information Sys. March, CRISID 106805.
93. Wallace L. E., F. H. McNeal, and M. A. Berg 1974. Resistance to both *Oulema melanopus* and *Cephus cinctus* in pubescent-leaved and solid stemmed wheat selections J. Econ. Ent. 67(1):105-107.
94. Wannamaker, W. K. 1957. The effect of plant hairiness of cotton stains on boll weevil attack. J. Econ. Ent. 50(4):418-423.
95. Weibei, D. E., K. J. Starks, E. A. Wood, Jr., and R. D. Morrison 1972. Sorghum cultivars and progenies rated for resistance to greenbugs. Crop Sci 12:334-336.
96. Wieb, J. and E. B. Radcliffe. 1973. Tolerence to parathion of phytophogous insect influenced by host plant. Envir. Ent. (4):537-540.
97. Wieb, J. and E. B. Radcliffe. 1970. Effect of host plant on the resistance of the imported cabbage worm, *Pieris rapae* (L.) to parathion. Proc. N. Cent. Br. Ent. Soc. Am. 25:106-8.
98. wilcox, R. B., and C. S. Beck 1933. A. factor in the varietal resistance of cranberries to the falseblossom disease. J. Agr. Res. 47:583-590.
99. Wilson, J. W., and J. P. Sleesman. 1947. The differential response of potato varieties to spray with DDT plus a fixed copper. Amer. potato Jour. 24:260-266.
100. Wood, E. A., Jr., H. L. Chada, and P. N. Saxena. 1969. Reactions of small grains and grain soghum to three greenbug biotypes. Okla Agr. Expt. Sta Prog. Rpt. p. 619,7 p.
101. Wood, E. A., Jr. 1961. Biological studies of a new greenbug biotype. J. Econ. Etn. 54:1171-1173.